

2. fejezet

KUTATÁSI KÉSZSÉGEK FEJLESZTÉSE A KÉMIATANÍTÁS SORÁN

Z. Orosz Gábor

A természettudományos megismerés az információszerzés tudatos, tervszerű, szigorú irányelvek szerint történő módja. Célja, hogy meglévő tudásunk felülvizsgálatán, bővítésén keresztül új megértésre tegyünk szert a világról. Mindezt kritikai szemlélettel tesszük. Kijelentéseinket bizonyítékokkal támasztjuk alá, tárgyilagosságra törekszünk. A felmerülő ellentmondásokat igyekszünk feloldani. A természettudományos megismerésnek megannyi útja van. Új információkhoz juthatunk, ha megfigyelés vagy mérés során adatokat gyűjtünk, és ezeket elemezzük, vagy ha a meglévő ismereteink felülvizsgálatával, a logika módszereivel új következtetéseket alkotunk. Tévedés tehát azt hinnünk, hogy minden tudós ugyanazokat a lépéseket, ugyanolyan sorrendben követi, mialatt eljut az új felismerésekig. Nem létezik tehát egy egyetemes természettudományos módszer. Mindig a választott téma és a kutatás céljai határozzák meg a haladás irányát, lépéseit. Az alapelvek azonban minden esetben közősek: tárgyilagosságra törekvés, bizonyíthatóság, megismételhetőség, letisztult, egyértelmű kommunikáció.

Azokat a készségeket, amelyeket a természettudományos megismerés során a tudásgyarapítás érdekében alkalmazunk, **kutatási készségeknek** nevezzük. Közös jellemzőjük, hogy nemcsak egy adott kontextusban, hanem tartalomtól függetlenül, több tudományterületen is működtethetők. Ide tartozik a probléma azonosítása és a kérdésfeltevés, az információkeresés, a hipotézisalkotás, a vizsgálat tervezése és kivitelezése, az adatok megjelenítése, elemzése és értékelése, a következtetések levonása, a modellalkotás, az eredmények kommunikálása és az érvelés. Mint ahogy már a kötet első fejezetében is szó esett róla, a természettudományos nevelés elsődleges célja egy olyan **természettudományos alapműveltség** kialakítása, amely minden ember (nem csak a természettudományos pályákra készülő) számára lehetővé teszi a hétköznapiakban felmerülő természettudományos problémák megértését, az információk kritikai értékelését, hozzájárulva ezzel a felelősségteljes döntéshozatalhoz. Ennek érdekében a legfontosabb szaktárgyi ismeretek megtanításán túl fejleszteni kell a tanulók gondolkodási képességeit és kutatási készségeit, illetve formálni a tudomány működéséről vallott nézeteit. A kutatási készségek fejlesztése minden természettudományos tantárgy tanításának kiemelt céljaként jelenik meg a Nemzeti alaptantervben (NAT, 2020) és az ahhoz kapcsolódó kerettantervekben, illetve részét képezi a hazai vizsgák (pl. érettségi vizsgakövetelmények, 2017) és nemzetközi mérések (OECD PISA, 2019) keretrendszerének.

A kutatási készségek kialakítása és fejlesztése a tananyag feldolgozásakor számos formában történhet. A kémia tanítás során is fontos megtalálni az alkalmat és a módot arra, hogy a tanulóknak bemutassuk a tudományos megismerés módszereit, és lehetőséget biztosítsunk azok egy részének kipróbálására, megtapasztalására is.

A következőkben a kutatás lépéseinek ismertetésén keresztül áttekintjük a kutatási készségek legfontosabb jellemzőit, kitérünk néhány alapvető kutatómódszertani ismeretre, valamint néhány oktatásmódszertani szempontra. Ezt követően, a fejezet második részében bemutatjuk a kutatási készségek fejlesztésének egy lehetséges módját, a kutatásalapú tanulást.

A KUTATÁSI KÉSZSÉGEK JELLEMZŐI

A kutatás mindig egy számunkra releváns probléma azonosításával kezdődik. A **problémafelvetés** történhet előzetes ismereteink alapján, de támaszkodhatunk aktuális megfigyeléseinkre is. A reggeli készülődés során megfigyelhetjük például, hogy a forró teában hamarabb oldódik fel a kockacukor, mint a hideg vízben, amikor limonádét készítünk. Felmerülhet bennünk, hogy vajon mi ennek az oka? Más anyagok esetén is ezt tapasztalnánk? Körvonalazódik tehát egy probléma, ami kiindulási alapja lehet egy vizsgálatnak. A választott probléma akkor tudja igazán hatékonyan elindítani a gondolkodási folyamatot, ha érdekes, kihívást jelentő, de nem túl nehéz a diákok számára. Talán a legjobb az lenne, ha minden esetben a gyerekek jelölhetnék ki a vizsgálat tárgyát. Erre azonban sokszor nincs lehetőség, hiszen az időkeretekre való tekintettel mederben kell tartanunk a tanulás folyamatát. Igyekezzünk tehát az adott témakörön belül olyan problémát felvetni, ami felkelti a diákok érdeklődését, igazodik életkori sajátosságaikhoz, előzetes tudásukhoz, ám nem válaszolható meg azonnal, azaz kellően nehéz, de nem haladja meg a képességeiket, és érthető számukra.

A probléma kiválasztása utáni lépés a **kérdésfeltevés**. Fontos, hogy olyan kérdéseket alkossunk, amelyek kapcsolódnak a problémához, megválaszolásukkal mélyebb megértésre tehetünk szert, és vizsgálhatók a rendelkezésünkre álló eszközök segítségével (White & Fredriksen, 1998). Szükség lehet arra, hogy a gyerekek által feltett kérdéseket pontosítsuk, specifikusabbá tegyük. Egy problémakör felderítéséhez, a kérdéseink megválaszolásához át kell tekinteni a már rendelkezésünkre álló információkat. Az információs és kommunikációs eszközök segítségével könnyedén kereshetünk az interneten fellelhető digitális források között (pl. könyvek, folyóiratok, bejegyzések, videók, animációk), de természetesen a nyomtatott forrásokat is haszonnal forgathatjuk. Az **információkeresés** során az első lépés a kutatásunk szempontjából lényeges források elkülönítése a lényegtelenektől. Ezután kritikai szemszögből is fussuk át az anyagokat és szűrjük ki azokat, amelyek nem hitelesek (pl. a szerzője ismeretlen, a kutatás háttéréről nem közöl információkat, módszertanilag kidolgozatlan, kijelentéseit nem támasztja alá bizonyítékokkal stb.). Az összegyűjtött anyagokból készítsünk vázlatokat. Az információkat

szintetizálva megtervezhetjük vizsgálatunkat vagy készíthetünk belőle kiselőadást, írásos beszámolót, plakátot stb. A tanórai kutatások során legtöbbször olyan kérdéseket vizsgálunk, amelyekre már létezik válasz a szakirodalomban. Az egyetemes tudásanyag tekintetében tehát nem alkotunk újat, a gyerekek viszont új ismeretekre és megértésre tesznek szert. Mivel a legtöbb, tanórán felvetett problémára néhány perc alatt megtalálható a válasz – ha nem csak az információkereséssel kapcsolatos készségeket szeretnénk fejleszteni –, akkor indokolt lehet ennek a lépésnek a kihagyása vagy egyszerűsítése.

A felvetett problémával, illetve a feltett kérdésekkel kapcsolatban biztosan rendelkezünk elképzelésekkel. Ezek közül azokat a megalapozott feltételezéseket, amelyeket a vizsgálatunk során tesztelünk, **hipotéziseknek** nevezzük. A hipotézisek tehát olyan állítások, amelyeknek az igazságtartalma még kérdéses. Itt jegyezzük meg, hogy az **elméletek** (teóriák) és a **törvények** olyan tudományos kijelentések, amelyek már többszörösen bizonyítást nyertek. A törvények közvetlenül megfigyelhető vagy mérhető tényezők kapcsolatát írják le anélkül, hogy azt magyaráznák. Például a Boyle–Mariotte-törvény azt mondja ki, hogy az ideális gázok térfogatának és nyomásának szorzata egy adott hőmérsékleten állandó. Az elméletek viszont magyarázatot adnak egy jelenségre. Rendszerint olyan kijelentésekből állnak, amelyeket közvetlenül nem tudunk tesztelni, így érvényességük logikai úton látható be. Az ideális gázok Boyle–Mariotte-törvény által leírt viselkedését például a kinetikus gázelmélettel magyarázzuk. A diákok gyakran azt feltételezik, hogy a hipotézisekből egy idő után elméletek, majd kellő számú bizonyíték esetén törvények lesznek (Lederman & Lederman, 2014). Ez azonban téves elképzelés. Fontos hangsúlyoznunk, hogy az elméletek és a törvények a tudás eltérő minőségű összetevői. Ebből kifolyólag egyenrangúak, és nem alakulhatnak egymásba (Abd-El-Khalick, 2006). Ugyanakkor a tudás minden összetevőjére, így az elméletekre és a törvényekre is igaz, hogy újabb bizonyítékok fényében, idővel módosulhatnak (gondoljunk csak az atomszerkezeti modellekre).

Hipotéziseink döntően befolyásolják a kutatás menetét, a választott módszereket, illetve irányítják megfigyeléseinket, így körültekintő megfogalmazásuk elengedhetetlen. A hipotézisek értékelésénél a legfőbb szempont a **vizsgálhatóság**. A gyerekek kreativitása határtalan, olyan elképzelésekkel is elő fognak rukkolni, amelyekre gondolni sem mertünk volna. Fontos azonban, hogy mielőtt továbblépnénk, nézzük végig hipotéziseiket, és segítsük kiszűrni azokat, amelyek nem vizsgálhatók. Ezzel lehetőséget biztosítunk számukra arra, hogy az óra további részében hatékonyan dolgozzanak, és megóvjuk őket az esetleges kudarcélménytől, frusztrációtól, ami elvehetné kedvüket a kutatástól. Ugyanakkor a szakmailag téves, de vizsgálható elképzeléseket ne javítsuk ki. Hagyjuk, hogy erre maguk jöjjenek rá a kutatás során.

Ez értékes lehetőséget kínál az előzetes elképzelések formálására, a fogalmi váltás segítésére.

A kutatás során adatokat gyűjtünk, amelyeket elemezve új ismeretekre tehetünk szert, és felülvizsgálhatjuk hipotéziseinket. Az adatgyűjtés egyik leggyakoribb módja a természettudományokban a **kísérletezés**. A tudományos kísérlet legfontosabb ismérve az **átláthatóság** és a **megismételhetőség**. Emiatt minden lépést, beállítást pontosan dokumentálni kell (pl. jegyzőkönyv készítése), és az eredmények kommunikálásánál nyilvánosságra kell hozni, hogy a terület iránt érdeklődők igény szerint maguk is elvégezhessek, megismételhessek a kísérletet. Ez biztosítja az eredmények ellenőrizhetőségét. A kísérlet során a kutató nem passzív résztvevőként figyeli a jelenségeket, hanem maga idézi elő a változásokat. Ehhez azonban a körülmények precíz beállítására van szükség, hogy biztosítsuk a vizsgálat **érvényességét** (validitását), azaz hogy tényleg azt mérjük, amit szeretnénk.

Először is ki kell választanunk azokat a tényezőket (változókat), amelyek között kapcsolatot feltételezünk. Előző példánknál maradvá megfigyeltük, hogy a kristálycukor hamarabb oldódik fel a forró teában, mint a hideg vízben, így feltételezhetjük, hogy a hőmérséklet és az oldódás sebessége között van kapcsolat. Ennek tesztelésére a következő kísérletet tervezzük: különböző hőmérsékletű desztillált vizekben azonos mennyiségű répacukrot oldunk fel, és mérjük a teljes feloldódásig eltelt időt. Azt a tényezőt, amelynek az értékét a kísérlet során mérjük (közvetlenül vagy közvetetten), **függő változónak** nevezzük. Ebben a példában ez a répacukor oldódásának sebessége. Grafikus megjelenítés során ezt tüntetjük fel az y tengelyen. Azt a tényezőt, amelynek az értékét változtatjuk a különböző mérések során, **független változónak** nevezzük. Példánkban ez a desztillált víz hőmérséklete. Grafikus megjelenítés során ez kerül az x tengelyre. A többi tényező értékeit igyekszünk rögzíteni. Ezek lesznek az **állandók** (konstansok). Jelen esetben ilyen például a desztillált víz térfogata, az összekeverés intenzitása, időtartama, a mérés kezdete (összekeverés után vagy előtt indul) stb. Ahhoz, hogy eredményeink **összehasonlíthatók** legyenek, minden mérésnél ugyanúgy kell beállítanunk a körülményeket, csak a független változó értékét variálhatjuk. Ez az **egyszerre egy tényezőt változtatunk elv**. A kísérletek során mindig számítanunk kell **mérési hibákra**. Ezek egy része véletlenszerű, hatásukat a kísérlet tervezése során nem tudjuk pontosan megbecsülni. Ilyen hibaforrást jelenthetnek például az érzékszervi korlátaink (pl. Sikerült-e mindig az összekeverés pillanatában azonnal elindítani a stoppert?). Azonban vannak olyan hibák is, amelyek mindig ugyanúgy jelentkeznek, így ezeket már a kísérlet tervezése során vagy utólagosan, az adatelemzésnél korrigálhatjuk. Gyakori például a mérőeszközök pontatlanságából származó mérési hiba (pl. rosszul kalibrált mérleg). A hibák kiküszöbölése érdekében érdemes minden mérést legalább háromszor

(kiugró érték esetén még többször) elvégezni, és az így kapott eredményeket átlagolni. Ezzel biztosíthatjuk eredményeink **megbízhatóságát** (reliabilitását).

A mérések elvégzése után a következő lépés az **adatok elrendezése és elemzése**. Ehhez az informatika és a matematika eszköztárát hívjuk segítségül, fejlesztve ezzel a digitális és matematikai kompetenciát. Ki kell választani a céljainknak leginkább megfelelő adatmegjelenítési (pl. grafikon, táblázat), illetve elemzési (átlag, szórás számítása, korrelációs számítás stb.) módszert.

Ezután következik az **adatok értelmezése**. Ilyenkor azonosítjuk a mintázatokat, tendenciákat, illetve a lineáris vagy nemlineáris összefüggéseket, és ezek fényében felülvizsgáljuk kezdeti elképzeléseinket, hipotéziseinket, megfogalmazzuk a **következtetéseket**. Ez egy rendkívül kritikus szakasz. Több kutatás is rámutatott arra, hogy a diákok (különösen fiatalabb korban) hajlamosak a kezdeti elképzeléseiknek ellentmondó eredményeket figyelmen kívül hagyni vagy eltorzítani (Kuhn, 2011). Ennek feltételezhetően az az oka, hogy szeretnének megfelelni az elvárásainknak. Fontos tudatosítani bennük, hogy tudományos szempontból éppen annyira értékes, ha kiderül egy hipotézisről, hogy nem helytálló, mint ha megerősítésre kerülne. Emiatt nincs értelme eltitkolni. Ha pedig eredetileg téves elképzelést foglalmaztunk meg, az adatok utólagos torzítása kifejezetten tilos, etikátlan és tudománytalan cselekedet.

A következtetések megfogalmazásakor figyeljünk arra, hogy kijelentéseinket adatokkal és **érveléssel** is alátámasszuk. Gyakori, hogy a gyerekek csak kijelentéseket tesznek, vagy csak megismétlik az adatokat, de a kettőt nem kapcsolják össze (Ruiz-Primo, Li, Tsai & Schneider, 2010). Érdemes kitérni az eredmények **általánosíthatóságára** is, ami a választott elrendezés és módszerek függvénye. Továbbá hangsúlyoznunk kell azt is, hogy ha sikertelennek bizonyult egy kísérlet, az még önmagában nem jelenti azt, hogy a feltevésünk valótlan volt. Elképzelhető, hogy valahol a folyamatba hiba csúszott, például nem elég pontos eszközt választottunk, nem gyűjtöttünk elég adatot, nem megfelelő adatelemzési módszert használtunk, stb. Mindez arra hívja fel a figyelmet, hogy a vizsgálatot újra kell gondolnunk.

A kutatás folyamata az **eredmények kommunikálásával** zárul. Ez az iskolai keretek között történhet szóban (pl. rövid ismertetés, kiselőadás) vagy írásban is (pl. plakát, kutatási beszámoló készítése). Kiemelt szerepe van a reflexiónak. A szóbeli beszámoló műfaját tekintve szabadabb, divergensebb, esetenként akár csapongó is lehet, így kevesebb erőfeszítést igényel, míg az írásbeli beszámolók jól szerkesztett szöveget, fókuszált gondolatmenetet várnak el, így ugyan nagyobb kognitív terhelést jelentenek, de fejlesztő hatásuk is erőteljesebb (Rivard & Straw, 2000). A másik

fontos különbség, hogy az írás a tudásalkotás egyéni útját, míg a megbeszélés a közösségi formáját képviseli. Hasznos tehát mindkettőt gyakoroltatni. Mindenképp fel kell hívni a diákok figyelmét arra is, hogy a tudományok művelése közösségi tevékenység. A közlésre szánt eredményeket az adott tudományterület képviselői értékelik, bírálják, a publikált kutatási eredményeket megvitatják. Ez garantálja a tudomány magas színvonalát.

Az iskolai tananyag az adott tudományterület legfontosabb, bizonyítékokkal alátámasztott eredményeit tartalmazza, a tudomány jelenlegi álláspontját képviseli. Ahhoz, hogy a kémia tanulás ne pusztán a tudományos ismeretek befogadását, megtanulását, rosszabb esetben csak memorizálását jelentse, hasznos olyan tevékenységeket is beépíteni a tanórákba, amely során a tanulók nem készen kapják a tudást, hanem maguk jutnak el egy-egy jelenség felismeréséhez vagy keresnek választ adott kérdésre, problémára.

Természetesen az iskolai tanulás nem lehet ugyanolyan, mint a tudományos kutatás, és a tanulók sem gondolkozhatnak ugyanúgy, mint a tudósok, de átélhetik, megtapasztalhatják a kutatás folyamatát, örömet és nehézségeit. Ehhez nyújt segítséget a kutatásalapú tanulás, amelynek legfontosabb jellemzőit foglaljuk össze a következő részben.

A KUTATÁSALAPÚ TANULÁS

A kutatásalapú tanulás (Inquiry-based Learning – IBL) egy olyan tanítási-tanulási módszer, amelyben a diákok a tudományos megismerés lépéseit követve tesznek szert új ismeretekre, megértésre. A módszer a **konstruktivista tanulásfelfogáson** alapul, amely szerint a tudást magunk alkotjuk meg azáltal, hogy cselekvően veszünk részt a tanulás folyamatában.

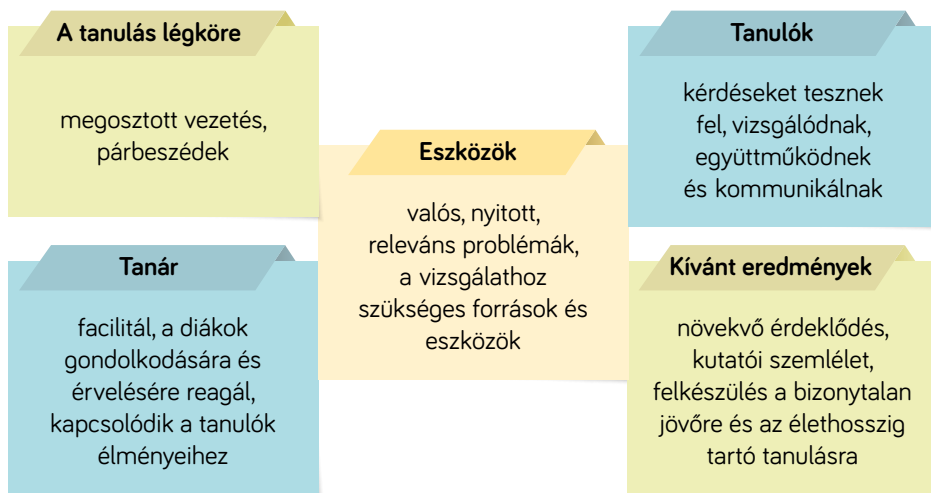
Az IBL tehát egy tanulóközpontú megközelítésmód, amelyben elsősorban nem az ismeretek átadásán van a hangsúly, hanem a megismerés folyamatán és annak megértésén (Nagy, 2010). Az IBL szakaszait és azok jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

Első ránézésre az IBL lineáris módszernek tűnhet, de a valóságban többször előfordul, hogy bizonyos lépéseket felül kell vizsgálni és meg kell ismételni, így a folyamat ciklárissá alakul. Ilyen lehet például, ha a kísérlet eredményei nem támasztják alá a hipotézist, így az elrendezés módosításával, más módszerekkel újabb méréseket végzünk. Az is elképzelhető, hogy a vizsgálat közben jönnek rá a diákok, hogy bizonyos elemeket kihagytak a terv elkészítése során, így visszalépnek és felülírják a korábbi gondolataikat.

1. táblázat A kutatásalapú tanulás szakaszai Pedaste et al. (2015) alapján

AZ IBL SZAKASZAI ÉS ALSZAKASZAI		
Fő szakaszok	Elszakaszok	Jellemzők
Ráhangolódás		A téma iránti kíváncsiság felkeltése, a megoldandó probléma felvetése.
Koncepcióalkotás	Kérdésfeltevés	A problémához kapcsolódó kutatási kérdések feltevése.
	Hipotézisalkotás	A problémához kapcsolódó hipotézisek megfogalmazása.
Vizsgálódás	Megfigyelés / Felfedezés	A kutatási kérdés alapján történő szisztematikus, tervezett adatgyűjtés.
	Kísérletezés	Egy kísérlet összeállítása és kivitelezése a hipotézis vizsgálata érdekében.
	Adatértelmezés	Az összegyűjtött adatok elemzése, összefüggések megállapítása.
Konklúzió		Következtetések levonása az elemzett adatok alapján, a kutatási kérdések és hipotézisek felülvizsgálata
Megbeszélés	Kommunikáció	Az egész folyamat vagy az egyes szakaszok eredményeinek bemutatása a többieknek (társak, tanárok). Visszajelzések kérése, értékelés.
	Reflexió	Az egész folyamat vagy az egyes szakaszok részletes átgondolása, értékelése kritikai szemszögből. Belső párbeszéd.

Az IBL során a tanulási környezet is átalakul. A tanterem elrendezésének és a tárgyi felszereltségnek lehetővé kell tennie, hogy a diákok csoportosan vagy egyénileg információkat gyűjthessenek (pl. papíralapú vagy elektronikus források felhasználásával), vizsgálatokat végezheszenek (pl. kísérleti eszközökkel, vegyszerekkel), a kapott adatokat kiértékelhessék (pl. számítógépes adatelemzéssel), majd következtetéseiket bemutathassák a társaiknak (pl. prezentáció révén). A PRIMAS projektben (2013) készült többszempontú modell szemléletesen összegzi az IBL jellegzetes tulajdonságait (1. ábra).



1. ábra Az IBL többszemponú modellje (PRIMAS, 2013 alapján)

A kutatásalapú foglalkozásoknak három szintjét, fokozatát különíthetjük el aszerint, hogy mennyi információt kapnak a diákok a műveletek elvégzéséhez és mennyire domináns a tanári irányítás a foglalkozás során (Banchi & Bell, 2008). Az első szint a **strukturált kutatás** (*structured inquiry*). Ebben az esetben a problémát és a vizsgálat menetét a tanár határozza meg, a tanulók munkáját lépésről lépésre irányítja (gyakran a tanulónak kiadott részletes útmutatóval), viszont a megoldásra a diákok tesznek javaslatokat a megfigyelésük/mérésük eredményei alapján. Ez a fajta foglalkozás kevés szabadságot biztosít a tanulónak, és figyelmüket csak egy megoldásra fókuszálja. Elsősorban fiatalabb korosztály esetén érdemes használni (pl. általános iskola alsó tagozata) az alapvető készségek fejlesztéséhez. Abban az esetben is hasznos lehet ez a munkaszervezés, ha viszonylag kevés idő áll a rendelkezésünkre és a legalapvetőbb kutatási készségeket szeretnénk gyakoroltatni (pl. mérések elvégzése, adatok értelmezése, eredmények megvitatása és dokumentálása), vagy ha csoportunk még nem találkozott korábban a kutatásalapú tanulással, és szeretnénk velük megismertetni a módszert. Fontos ügyelni arra, hogy a tanulók ne csak mechanikusan végrehajtsák a feladatlap utasításait, mint egy receptet, hanem értsék is, hogy mit csinálnak. A következő szintet az **irányított** vagy **vezetett kutatás** (*guided inquiry*) képviseli, ahol a problémát a tanár veti fel, de a folyamat további részét a diákok önállóan végzik. Az ilyen jellegű foglalkozás nagyobb teret hagy a tanulók kreativitásának kibontakozására, a képességeik és készségeik fejlődésére. A legmagasabb szintet a **nyitott kutatás** (*open inquiry*) jelenti, amely során a tanár csak a témakört és a tanulási célokat ismerteti, de a problémát a diákok határozzák meg, és a kutatási kérdéseket is ők választják ki saját érdeklődésüknek megfelelően.

Értelemszerűen ez a fajta foglalkozás biztosítja a legnagyobb szabadságot, ami egyúttal nagyobb felelősséggel is jár. Ez veszi igénybe leginkább a diákok kutatási készségeit, magasabb rendű gondolkodási képességeit, kreativitását. Mindhárom útban, megvalósítási formában közös, hogy a tanulók a megoldás érdekében közösen tevékenykednek, ezáltal fejlődnek a szociális és kommunikációs készségeik is.

Kötetünkben elsősorban irányított kutatásalapú foglalkozásokra mutatunk példákat, mert ezzel a típussal elmozdulhatunk a megszokott, feladatlap-pal irányított tanulói kísérletektől, és fokozatosan készíthetjük fel a tanulókat a nyitott kutatásra. Felhívjuk a figyelmet arra is, hogy minden irányított foglalkozást át lehet alakítani strukturált vagy nyitott formába is, a tanulócsoporthoz aktuális tudásának, fejlettségi szintjének megfelelően.

A kutatásalapú tanulás során a **tanári támogatásnak** nagyon fontos szerepe van, hiszen önmagában a manuális tevékenységek végzésével a diákok még nem fogják megérteni a kutatás célját és folyamatát, illetve a tudomány működését (Trumbull, Bonney & Grudens-Schuck, 2005). Fontos, hogy tudatosuljon bennük, hogy mit miért csinálnak. Ahhoz, hogy ez bekövetkezzen, kérdésekkel (amelyek lehetséges típusairól részletes áttekintést nyújt Veres, 2010), visszajelzésekkel irányítjuk tanulóink figyelmét, segítjük reflexiójukat. A megbeszélések során pontosítjuk a fogalomhasználatot, elosztatjuk a felmerülő tévképzeteket. Továbbá meg kell tanítanunk a kutatáshoz szükséges procedurális és episztemológiai ismereteket, stratégiákat is (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

A KUTATÁSALAPÚ TANULÁS SORÁN ALKALMAZHATÓ ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREK

Mivel az IBL során a hangsúlyok a tartalmi tudás elsajátítása helyett a képességek és készségek fejlesztésére helyeződnek, így az értékelés során is új megközelítésmódokat érdemes alkalmazni. Pedaste és mtsai (2015) összefoglaló modelljében láthatjuk, hogy az IBL alatt folyamatosan jelen van a kommunikáció és a reflexió. A kommunikáció nemcsak a diákok közötti eszmecserét jelenti, hanem magában foglalja a tanár-diák interakciókat is, amelyek során lehetőség van visszajelzéseket adni a munkafolyamat aktuális helyzetéről, a tanulás eredményességéről. Ehhez formatív értékelési módszereket használhatunk.

A formatív értékelés a tanulás eredményességének és hatékonyságának növelése érdekében történik a tanulási folyamat közben. Célunk, hogy visszajelzést adjunk a tanulóknak a tudásuk aktuális szintjéről, és segítsük őket közelebb kerülni a kívánt tanulási eredményekhez. Mindez folyamatos tanár-diák interakción alapul, amely legtöbbször szóbeli párbeszéd formájában történik. A formatív visszajelzésekkel

kapcsolatosan a következőkre érdemes figyelni (Harlen, 2013): (1) Fontos, hogy a visszajelzések tartalma az elvégzett feladatra vonatkozzon, és ne a tanulót minősítse. (2) Arra biztassa a diákokat, hogy továbbgondolják a helyzetet az eredményeik alapján, és ne azon töprengjenek, hogy ők maguk mennyire jók vagy rosszak! (3) Jelölje ki, hogy mi legyen a következő lépés az előrehaladás érdekében, de ne mondja meg a megoldást! (4) Ne alkalmazzon jegyeket, pontokat vagy egyéb minősítési kategóriákat, hiszen a diákok figyelmét ezek túlságosan elterelik, és hajlamossá teszik őket arra, hogy beskatulyázzák magukat! (5) Mindig legyen elég idő a visszajelzések feldolgozására, és meg kell győződni róla, hogy a diákok tényleg megértették-e azokat.

A formatív értékelés másik jól alkalmazható formája az ön- és társértékelés. Ehhez azonban a tanulónak tisztában kell lenniük az elérendő célokkal, és tudniuk kell, hogy mik az értékelés szempontjai, illetve mi a visszajelzések adásának kultúrája. Black, Harrison, Lee, Marshall & William (2003) kiemeli, hogy a diákok sokkal elkötelezettebben állnak a feladatok elé, ha tudják, hogy társaik értékelni fogják a munkájukat. Crossouard (2012) felhívja a figyelmet arra, hogy a társértékelés minőségét nagyban befolyásolhatja a diákok neme, társadalmi helyzete és az osztály hierarchiájában elfoglalt helye. Érdemes tehát figyelembe vennünk ezeket, és közbeavatkoznunk, ha nem reális, ítélező vagy feszültséget keltő mondatok hangzanak el a gyerekek részéről.

A formatív értékelés gyakran használt eszköze a rubrik. Ez egy olyan táblázat, amely az értékelés szempontjait, területeit és a hozzá tartozó teljesítményszintek jellemzőit tartalmazza (Panadero & Jonsson, 2013; Veres, 2016). A 2. táblázat egy kémiai témájú, kutatásalapú foglalkozáshoz készült értékelő táblázatra mutat példát. Az értékelés során arról adunk visszajelzést, hogy a vizsgált területeken a tanórai tevékenységet megfigyelve milyen teljesítményszinten áll jelenleg a tanuló vagy tanulócsoport. Rubrik alapján nemcsak a tanár adhat visszajelzést, hanem felhasználható ön- és társértékelésre is.

Természetesen az IBL során is szükség van arra, hogy a nagyobb tanítási egységek végén szummatív értékeléssel éljünk. Fontos azonban, hogy a tartalmi tudáson felül azokat a képességeket és készségeket is mérjük, amelyeket a módszerrel fejlesztettünk. Ehhez, Harlen (2013) szerint, a következőket érdemes figyelembe venni: (1) A feladatnak a megértésre és az alkalmazásra kell összpontosítania. (2) A feladat legyen újszerű, de ne álljon túl távol azoktól a témaköröktől, amelyek a tanulási folyamat során előkerültek, a kontextus ugyanis befolyásolja a tudás felidézhetőségét. (3) A feladat legyen megfogható, kapcsolódjon a diákok számára is releváns problémákhoz. (4) A feladat szövege ne legyen túl bonyolult, a megoldás ne függjön nagymértékben a diákok olvasási, szövegértési és szövegalkotási készségeitől.

2. táblázat A formatív értékeléshez használt értékelési skála (Németh & Orosz, 2016, p. 85 alapján)

Szempont	Fejlettségi szint		
	kezdő	középhaladó	haladó
Kísérlet tervezése és kivitelezése	A csoport csak tanári irányítással képes a feladat végrehajtására, kérdéseik nem relevánsak, megfigyeléseik rögzítése kaotikus. Nem tudják, hogy melyik eszköz mire szolgál.	A csoport időnként segítségre szorul. Kérdéseik nem minden esetben relevánsak. A megfigyeléseket jól rögzítik, de hiányosan. Eszközhasználatuk bizonytalan.	A csoport önállóan dolgozik. A problémára irányuló kérdések lényegre törőek. A megfigyelések rögzítése pontos. Ki tudják választani a célnak megfelelő eszközöket.
Grafikus ábrázolás	A grafikonon összekeverik a függő és a független változót, rossz a beosztás, nincs a grafikonnak címe.	A grafikon szerkesztésében vannak hiányosságok, nem minden szükséges jelölés szerepel, van címe, de nem pontos.	A grafikon megszerkesztése pontos, a tengelybeosztás jól van megválasztva, a cím pontos (mit minek a függvényében mutat a grafikon)
Ok-okozati kapcsolat	A csoport tagjai nincsenek tisztában a megfigyelt jelenség kémiai tartalmával, nem tudják, hogy mi miért történik.	A csoport tagjai csak részismerekkel rendelkeznek a megfigyelt jelenség kémiai tartalmáról, amit tudnak, abban is bizonytalanok.	A csoport tagjai értik a vizsgált kémiai folyamatot, önállóan megfogalmazzák az ok-okozati kapcsolatot.
Következtetések bemutatása	A beszámoló szét-szórta, a lényegét nem emeli ki.	A beszámoló csak részleteiben felel meg a kívánalmaknak.	A beszámoló összefüggő, érthető, követhető.

A szummatív értékelés hagyományos értelemben tesztek segítségével történik, de alternatív megoldásként értékelhetjük a tanulók által készített portfóliókat, jegyzőkönyveket vagy prezentációkat is. Ilyenkor is fontosak az előre meghatározott

kritériumok, és fokozottan ügyelni kell az objektivitásra, hiszen a munkák megítélése nagymértékben a tanártól is függ. A részrehajlást el kell kerülni.

A kutatásalapú tanulás alkalmazása, beépítése a tanórákba vagy a tanórán kívüli foglalkozásokba jelentős kihívást, ugyanakkor számos lehetőséget is tartogat mind a tanár, mind a tanulók számára. A tananyag-feldolgozás megszokott menete biztonságot nyújt, segít gazdálkodni a rendelkezésre álló kevés idővel, és kiszámíthatóvá, tervezhetővé teszi a tanórai folyamatokat. A kutatásalapú tanulás során viszont nyitottá válik a tanítási-tanulási szituáció, számos váratlan helyzet fordulhat elő, ami gyors döntést, kreatív megoldásokat igényel. Más típusú tanári és tanulói szerep jön létre, ami új készségek, tevékenységek elsajátítását igényli (Korom, 2010). A kutatásalapú tanulás vagy akár egyes elemeinek bevonása a kémia tananyag feldolgozásába, változatosabbá teheti a tanulást, számos készség fejlődését segítheti és egy izgalmas, új terepet kínál a tudományos ismeretek elsajátításához.

A kötet 3–5. fejezeteiben több kutatásalapú foglalkozást is bemutatunk, részletesen kitérünk az egyes lépésekre: az előkészítő munkára és a tanórai megvalósításra. Egy-egy ilyen foglalkozás kipróbálása rengeteg tapasztalattal és élménnyel szolgálhat, és lehetőséget teremt a nyitásra egy új szemléletű tanítás, tanulás irányába.

IRODALOM

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Over and over again: college students' views of nature of science. In I. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education* (pp. 389–425). Springer.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057–1095. doi: 10.1002/1098-2736(200012)37:10<1057::aid-tea3>3.0.co;2-c
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B., & William, D. (2003). *Assessment for Learning: Putting it into Practice*. Open University Press, Maidenhead.
- Crossouard, B. (2012). Absent presences: The recognition of social class and gender dimensions within peer assessment interactions. *British Educational Research Journal*, 38(5), 731–748.
- Érettségi vizsgakövetelmények, Kémia (2017). https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/erettségi/vizsgakövetelmények2017/kemia_vk.pdf
- Harlen, W. (2013). *Assessment and Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP), Trieste.
- Korom, E. (2010). A tanárok szakmai fejlődése – továbbképzések a kutatásalapú tanulás területén. *Iskolakultúra*, 20(12), 78–91.
- Kuhn, D. (2011). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Ed.), *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 497–523). Wiley-Blackwell.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 600–620). New York, NY: Routledge.
- Nagy, L. (2010). A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 20(12), 31–52.
- Németh, V. & Orosz, G. (2016). A reakciósebesség című SAILS tanulási egység kipróbálásának tapasztalatai. *Iskolakultúra*, 26(3), 81–89.
- Nemzeti alaptanterv (2020). *Magyar Közlöny*, 17, 293–446.
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: PISA, OECD Publishing, doi: 10.1787/b25efab8-en.
- Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. *Educational Research Review*, 9, 129–144. doi: 10.1016/j.edurev.2013.01.002
- Pedaste, M., Mäeotsa, M., Siimane, L. A., de Jong T., van Riesenb, S. A. N., et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–67.
- PRIMAS (2013). *Promoting inquiry-based learning in mathematics and science education across Europe - IBL implementation survey report*. https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/11/PRIMAS_D-9.3_IBL-Implementation-survey-report.pdf (Utolsó megtekintés: 2020. 04. 24.)
- Rivard, L. P., & Straw, S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, 84, 566–593.
- Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, SP., & Schneider, J. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Students' Scientific Explanations and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583–608.
- Trumbull, D. J., Bonney, R., & Grudens-Schuck, N. (2005). Developing materials to promote inquiry: Lessons learned. *Science Education*, 89(6), 879–900. doi: 10.1002/sce.20081
- Veres, G. (2010). Kutatásalapú tanulás – a feladatok tükrében. *Iskolakultúra*, 20(12), 61–77.
- Veres, G. (2016). Gondolkodás- és képességfejlesztés: kihívások és megoldások a SAILS projektben. *Iskolakultúra*, 26(3), 43–56.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16, 3–118.